

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет	Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра	Інжинірингу з галузевого машинобудування
Спеціальність	133 Галузеве машинобудування
Форма навчання	Заочна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКЛАВРА

Терещенко Вячеслав Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему

Модернізація барабанного змішувача-огрудковувача агломераційного цеху
№1 агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва теми)

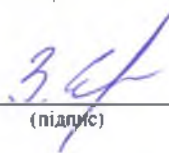
за матеріалами

Агломераційного цеху №1 агломераційного департаменту
ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

(повна назва бази дослідження)

науковий керівник

(наук. ступінь, вчене звання)



(підпис)

Зелова К. Є.

(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 14 червня 2025 р. № 14

Завідувач кафедри



(підпис)

д.т.н., професор

(наук. ступінь, вчене звання)

В. Й. Засельський

(ініціали, прізвище)

Кривий Ріг – 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра Інжинірингу з галузевого машинобудування

Рівень вищої освіти _____ Перший (бакалаврський) _____

Спеціальність _____ 133 «Галузеве машинобудування» _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ІГМ _____



(підпис)

проф., д.т.н., Засельський В. Й.

(посада, вчене звання, прізвище ініціали)

« 14 »

квітня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА ЗДОБУВАЧА(КИ)

Терещенко Вячеслав Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра

Модернізація барабанного змішувача-огрудковувача агломераційного цеху №1 агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра *Зелова К. Є.*

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «04» квітня 2025 р. № 243-ст

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи до кафедри *07.06.2025*

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра

Умови виробництва агломераційного цеху №1 агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Конструкція та технічна характеристика барабанного змішувача-огрудковувача, інформація про недоліки конструкції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1 Аналітична частина;







4.2 Основна частина;

4.3 Організація безпечного виробництва

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1 аркуш формату А1 складальне креслення огрудковувача аглошихти, 1 аркуш формату А1 складальне креслення ролика опорного приводного.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Зелова К. Є., асистент	 14.04.25	 14.04.25
Основна частина	Зелова К. Є., асистент	 14.04.25	 14.04.25
Організація безпечного виробництва	Зелова К. Є., асистент	 14.04.25	 14.04.25

7. Дата видачі завдання 14 квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
	Аналітична частина	28.04.2025	вик.
	Основна частина	16.05.2025	вик.
	Організація безпечного виробництва	21.05.2025	вик.
	Оформлення пояснювальної записки	26.05.2025	вик.
	Виконання графічної частини	04.06.2025	вик.
	Подання роботи до кафедри	07.06.2025	вик.
	Захист роботи в ЕК	17-18.06.2025	вик.

Здобувач (ка)  (підпис) Терещенко В. Ю. (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи  (підпис) Зелова К. Є. (прізвище та ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	№ екз	Примітки
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Знов розроблена			
5						
6	A1	КРБ.133.25.06.00.000 СК	Складальне креслення	1		
7	A1	КРБ.133.25.06.07.000 СК	Складальне креслення	1		
8	A4	КРБ.133.25.05.ПЗ	Пояснювальна записка	46		
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						

133.25.06.КРБ

Ізм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Розробив		Терещенко	<i>[Signature]</i>	04.06.25
Перевірив		Зелова	<i>[Signature]</i>	04.06.25
Н.контр.		Зелова	<i>[Signature]</i>	13.06.25
Затвердив		Засельський	<i>[Signature]</i>	14.06.25

Озрудовувач аглошихти
Відомість кваліфікаційної
роботи бакалавра

Лит.	Аркуш	Аркушів
Б		1

ННТІ ДУЕТ
кафедра ІГМ
гр. ЗМО-21

Коплював

Формат А4

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 46 стор., 6 рис., 2 табл., 2 додатка, 14 джерел.

Об'єкт розробки – барабанний змішувач – огрудковувач агломераційного цеху.

Мета розробки – підвищення надійності роботи машини, поліпшення експлуатаційних характеристик, зменшення витрат на ремонт за рахунок зменшення динамічних навантажень на робочі органи механізмів.

Метод досліджень – аналітичний – аналіз виявлених технічних рішень з метою можливості їх застосування для удосконалення конструкції барабанного змішувача – огрудковувача.

Запропонована конструкція барабанного змішувача – огрудковувача конусно-циліндричної форми на пружних опорних роликах, за допомогою яких відбувається також передача моменту, що крутить, від приводу і забезпечення обертання барабану. Визначено необхідну потужність електродвигунів.

Запропоновано заходи щодо охорони праці при експлуатації, обслуговуванні і ремонті барабанного змішувача – огрудковувача.

Запропонована конструкція дозволить знизити витрати на поточні ремонти агрегату.

Результати роботи можуть бути використані при розробці аналогічного устаткування в умовах виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

АГЛОШИХТА, БАРАБАННИЙ ЗМІШУВАЧ - ОГРУДКОВУВАЧ, ДВОЩАБЕЛЕВИЙ БАРАБАН, ГУМОМЕТАЛЕВІ РОЛИКИ, ФРІКЦІЙНА ПЕРЕДАЧА, ВІБРАЦІЯ, НАДІЙНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Призначення та область застосування обраної для вдосконалення машини	8
1.2 Технічна характеристика машини-прототипу	9
1.3 Опис конструкції машини-прототипу	9
1.4 Аналіз недоліків	14
1.5 Передбачувані причини недоліків	15
1.6 Постановка мети та задач	16
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	17
2.1 Літературно-патентний огляд	17
2.2 Пропозиції по модернізації	22
2.3 Переваги пропонованої конструкції	25
2.4 Розрахунки по модернізації	25
2.4.1 Визначення початкових даних для розрахунків	25
2.4.2 Силовий і кінематичний аналіз	27
2.4.3 Розрахунок потужності приводу механізму	30
3 ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	32
3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників	33
3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників	37
ВИСНОВКИ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	45
ДОДАТКИ	46

ВСТУП

Запровадження сучасних науково-технічних досягнень, передових технологій, використання високопродуктивного обладнання, а також оптимізація витрат на ремонт і підвищення надійності техніки є ключовими складовими розвитку народного господарства в нинішній час.

У рамках цієї кваліфікаційної роботи запропоновано удосконалення конструкції барабанного змішувача – огрудковувача. Метою пропозиції є зниження витрат на його технічне обслуговування та покращення загальної надійності металургійного обладнання.

Барабанні змішувачі та огрудковувачі, хоча й застосовуються широко на підприємствах для виробництва агломерату та окатишів, мають низку недоліків. Серед них недостатня однорідність сировинної маси, низька міцність гранул, значна варіативність розмірів часток, недостатня продуктивність і ненадійність конструкції [1].

У роботі запропоновано модернізацію конструкції барабанного змішувача – огрудковувача, яка має на меті зменшення динамічних навантажень на деталі та елементи барабана, а також зниження навантаження на перекриття будівлі.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Призначення і область застосування обраної для вдосконалення машини

Процес перемішування компонентів шихти для виробництва агломерату й окатишів здійснюється у змішувачах безперервної дії, які мають різні конструкції, такі як барабанні, шнекові та роторні.

Вибір конкретного типу змішувача залежить від фізичних характеристик матеріалів, що входять до складу шихти, а також від вимог до рівня однорідності при змішуванні [2].

На фабриках агломераційного виробництва, незалежно від їх розташування – місцевих чи закордонних – переважно використовують барабанні змішувачі. У виробництві окатишів застосовуються всі зазначені типи змішувачів, залежно від технологічних потреб.

На першому етапі змішування в агломераційному виробництві використовують змішувачі барабанного типу з діаметром барабана 3,2 м і довжиною 7,5 м, 8,0 м або 12,5 м. На другому етапі застосовують барабанні змішувачі – огрудковувачі з такими ж параметрами діаметра – 3,2 м, але довжиною 12,5 м. Деякі аглофабрики в минулому використовували двобарабанні змішувачі – огрудковувачі, які наразі вилучені з виробництва. Один із них мав барабан діаметром 3,2 м і довжиною 4,5 м; інший – діаметром 4,4 м і довжиною 5,25 м. Барабанні змішувачі забезпечують високу якість змішування крупнозернистої шихти для агломерації (з розмірами гранул від 3 до 6 мм), досягаючи ступеня однорідності в межах 80–85% [2].

1.2 Технічна характеристика машини-прототипу

Основні технічні характеристики машини-прототипу вказано у табличних даних 1.1 [3].

Таблиця 1.1.

Технічна характеристика змішувача – огрудковувача

Параметр	Розмірність	Значення
1	2	3
Продуктивність	т/год	до 300
Частота обертання барабана	об/хв	4...7
Внутрішній діаметр барабана	мм	2500
Довжина барабана	мм	7170
Електродвигун:		
– тип		2В28088
– потужність	кВт	55
– частота обертання	об/хв	750
Редуктор циліндричний:		
– число ступенів		2
– передавальне число		20
Шестерня промвала:		
– модуль	мм	24
– число зубів		23
Маса	кг	19110

Джерело: розроблено із використанням [3]

1.3 Опис конструкції машини-прототипу

Перелічені раніше змішувачі барабанного типу та гранулятори, як і інші типи обладнання, що використовуються на місцевих агломераційних

фабриках із великими агломашинами та фабриками для гранулювання, виробляються на підприємстві УЗТМ. За своєю конструкцією вони незначно відрізняються один від одного. На рисунку 1.1 показана кінематична схема барабанного змішувача-гранулятора, який складається з таких основних компонентів:

- циліндричний барабан з бандажами та зубчастим вінцем;
- привід для обертання барабана;
- опорні та упорні ролики;
- очисний пристрій;
- привід очисного пристрою;
- конструкція рами;
- установка зволоження шихти.

Барабан є порожнистим циліндром, складеним із кількох секцій, з'єднаних між собою фланцями за допомогою болтів. Наприклад, барабан змішувача СБ-3,2×8,0 містить три секції, огрудковувач ОБ-2,8×11,0 складається з трьох секцій для огрудковування та однієї розвантажувальної, а барабани змішувача і огрудковувача 3,2×12,5 мають чотири секції. Цілісність і співвісність конструкції забезпечується центруючими поверхнями фланців. З боку завантаження барабана розташована торцева стінка з отвором для подачі шихти, а також відбійний конус, який унеможливорює висипання матеріалу. Завантаження шихти в барабан відбувається через зварний бункер, який закріплений на стінках таким чином, що його нижня частина входить у отвір торцевої стінки барабана [3].

Подача матеріалу на огрудковувач ОБ-2,8×11,0 виконується напряму зі стрічкового конвеєра через отвір у торцевій частині барабана.

Кінець барабана для розвантаження, який заходить у зварену розвантажувальну камеру, має гладку поверхню без порогів. Сама розвантажувальна камера складається з двох роз'ємних частин: верхньої та нижньої. До фланця патрубку верхньої частини приєднані труби аспіраційної системи. Нижня звужується до низу й завершується прямокутним отвором.

Нижню частину камери з похилою стінкою захищають від зносу за допомогою футеровки з листової сталі. У зазор між барабаном і стінкою розвантажувальної камери введено гумове ущільнення, що забезпечує необхідну герметизацію. У конструкції огрудковувача моделі ОБ-2,8×11,0 розвантажувальна секція виконана у формі порожнистого циліндра, оснащеного спіральними щілинами, які поступово розширюються до периферійної зони. З метою забезпечення стабільного утримання налиплого шару матеріалу, так званого гарнисажу, на внутрішній поверхні барабанів монтують подовжні ребра. Барабан підтримується на чотирьох опорних роликах за допомогою двох сталевих бандажів, які приварені до обичайок крайніх секцій. Кожен вузол опорного ролика складається зі сталевого ролика, напресованого на вісь. Вісь встановлюється у чавунний литий корпус, що утримується на двох сферичних роликотпідшипниках, забезпечуючи надійність та довговічність роботи конструкції [3].

Корпуси підшипників мають здатність переміщуватися в напрямку, перпендикулярному осі барабана, з метою забезпечення контактної взаємодії бандажів у чотирьох точках. Позиціонування опорних роликів відносно осі барабана та їхнє надійне закріплення у заданому положенні здійснюється через використання стаціонарних упорів, які монтуються на рамі з зовнішнього боку корпусу ролика. У поздовжньому напрямі стабільність положення барабана забезпечується за допомогою двох упорних конічних роликів. Ці ролики розташовані з протилежних боків бандажа, що знаходиться на стороні розвантажувальної частини барабана. Кожен із упорних конічних роликів встановлений на поєднанні одного сферичного роликотпідшипника та одного упорного кулькотпідшипника. Вказані підшипники монтуються на нерухомій вертикальній осі, яка є структурною складовою корпусу [3].

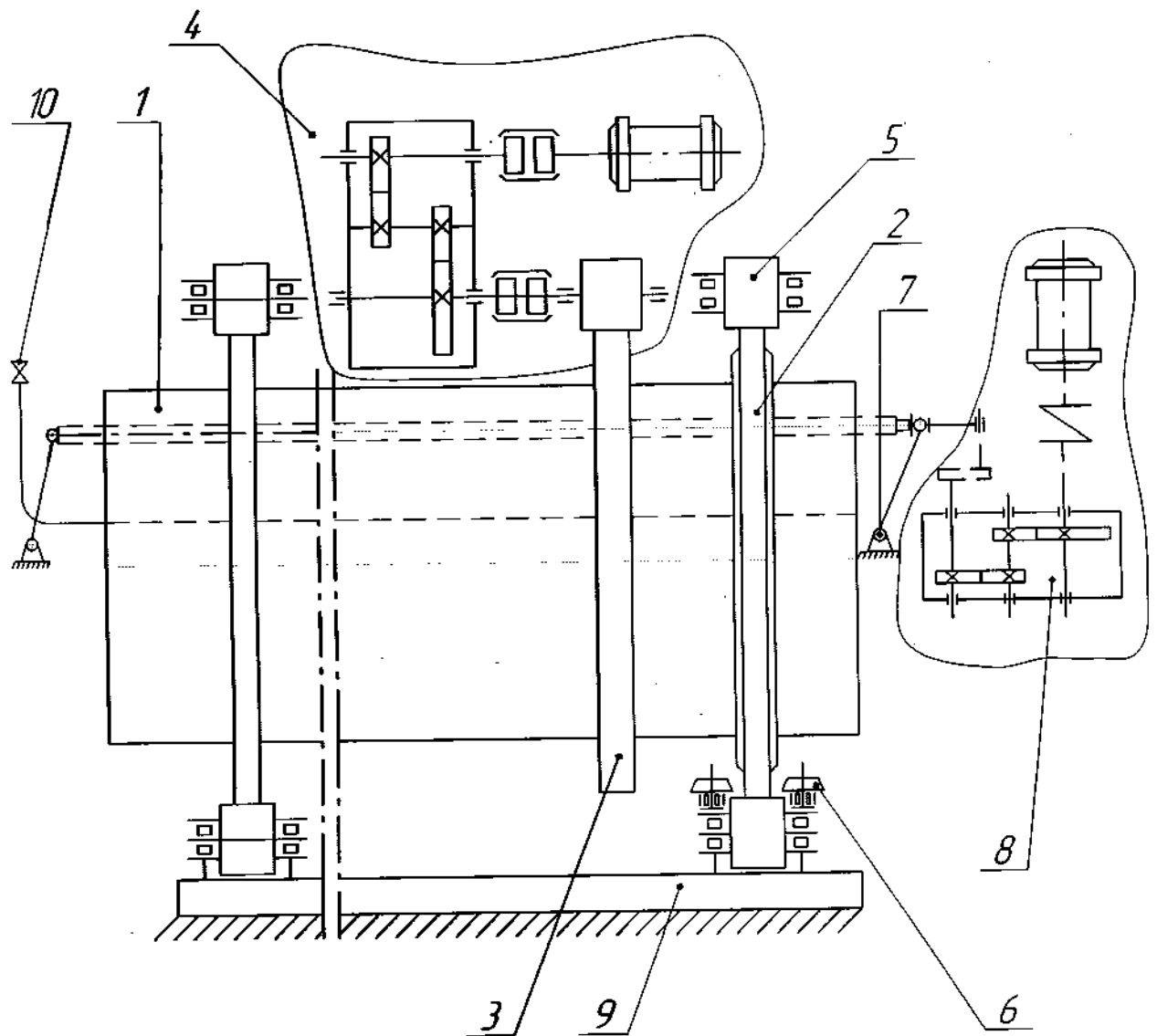


Рис. 1.1. Кінематична схема барабанного змішувача - огрудковувача
 1 – барабан; 2 – бандаж; 3 – зубчатий вінець; 4 – привод обертання барабана;
 5 – опорні ролики; 6 – упорні ролики; 7 – очисний пристрій;
 8 – привод очисного пристрою; 9 – рама;
 10 – установка для зволоження шихти
 Джерело: розроблено із використанням [3]

Опорні та упорні ролики інтегровані у зварну раму разом із механізмом приводу для обертання барабана. Конструкція рам змішувачів моделей СБ - 3,2×8,0 та СБ - 3,2×12,5 складається з двох секцій. На першій секції розташовані упорні та два опорних ролики, тоді як на другій секції

встановлені ще два опорних ролики та механізм приводу, що забезпечує обертання барабана [3].

Рама огрудковувача моделі ОБ - $2,8 \times 11,0$ встановлюється на шести шарнірних опорах, висота яких може регулюватися. Налаштування кута нахилу рами разом із барабаном виконується за допомогою двох гвинтових домкратів, які розміщені поблизу завантажувальної частини. Передача обертального руху до барабана здійснюється через з'єднаний сталевий зубчастий вінець, що закріплений на фланцях у зоні стику двох секцій барабана.

Система приводу обертання барабана складається з електродвигуна та циліндричного редуктора, з'єднаних між собою за допомогою муфти. Редуктор передає рух до проміжного валу, оснащеного шестернею, яка знаходиться в зачепленні із зубчастим вінцем барабана. Проміжний вал підтримується сферичними роликотпідшипниками, встановленими в литому корпусі, що забезпечує його стабільну роботу [3].

Щоб внутрішня поверхня барабанів була очищена від надлишкового матеріалу, що накопичується на їхніх стінках, використовується спеціальний очисний механізм. Цей пристрій складається з балки трубчастого перерізу, обладнаної різцями, які встановлені під певним кутом для забезпечення ефективної роботи. На огрудковувачі моделі ОБ - $3,2 \times 12,5$ балка закріплена на опорах, що допускають коливальні рухи. У змішувачі СБ - $3,2 \times 8,0$ балка функціонує в направляючих роликах, тоді як на огрудковувачі ОБ - $2,8 \times 11,0$ вона підвішена на важелях. Балка розташована вздовж осі барабана та виконує зворотно-поступальні рухи, приводом яких слугує механізм гойдання. Цей механізм включає кривошипно-шатунний пристрій, електродвигун, муфту та циліндричний редуктор. У змішувачі СБ - $3,2 \times 12,5$,

очисний пристрій закріплений стаціонарно на спеціальних стійках із завантажувального і розвантажувального боків барабана.

Устаткування, що зволожує шихту в змішувачах СБ-3,2×8,0 та СБ-3,2×12,5 має різні конструктивні особливості, залежно від моделі. Зокрема, у змішувачі СБ-3,2×8,0 зволоження здійснюється за допомогою трьох водопровідних труб, встановлених усередині барабана, на яких розміщені турбулентні форсунки [3].

У змішувачі СБ-3,2×12,5 таких труб є чотири. У пристроях огрудковувачів конструкція для зволоження також варіюється. В огрудковувачі ОБ-2,8×11,0 використовується система із семи незалежних блоків, кожна з яких оснащена форсункою. Для огрудковувача ОБ-3,2×12,5 устаткування для зволоження реалізований як балка трубчастого перерізу з закріпленими на ній колекторами, що містять форсунки. Колектори розподілені на три секції, які з'єднуються зі шлангами та мають незалежні підводи води. Це дозволяє точно регулювати об'єм подачі води до кожної окремої секції. Балка встановлюється на двох шарнірних опорах, які закріплені на стійці очисного пристрою, а також поєднані з розвантажувальною камерою.

Усі підвідні магістралі системи оснащені сітчастими фільтрами для очищення води та кранами для регулювання [3].

1.4 Аналіз недоліків

Змішувачі барабанного типу та огрудковувачі, хоча широко використовуються на заводах для виробництва агломерату та окотишів, характеризуються низкою недоліків. Серед основних проблем слід відзначити недостатню однорідність шихти, низьку міцність гранул, значний розкид за фракціями, низьку продуктивність та обмежену надійність конструкції [4].

Задля підвищення однорідності шихти В.І. Коротич рекомендує застосовувати спосіб змішування у режимі "водоспаду". Для цього окружна швидкість барабана повинна бути збільшена у два-три рази порівняно з режимом перекочування, де швидкість становить 0,5–1,2 м/с [4]. Крім того, пропонується збільшити ступінь заповнення барабанів до 30–40%. Такий підхід сприятиме підвищенню товщини шару, що осипається, і, відповідно, зменшить ймовірність передчасного огрудкування шихти.

Однак у процесі експлуатації барабанів можуть виникати небезпечні вібраційні навантаження, зумовлені низкою факторів: погрішностями у виготовленні, монтажі та регулюванні приводу і вузлів (барабану, бандажів, роликів), а також збільшенням моментів інерції неврівноважених мас стосовно осі обертання барабана. Ці явища призводять до таких негативних наслідків:

- наклепу на поверхнях кочення опорних роликів та бандажів із подальшим викришуванням контактних зон;

- підвищення напружень у місцях зварювання бандажів з обичайкою, що може спричиняти руйнування цих з'єднань, деформацію бандажу та виникнення втомних тріщин;

- збільшення вібрації фундаменту і динамічних навантажень на нього.

Ці процеси суттєво знижують надійність вузлів та деталей обладнання, що вимагає впровадження додаткових заходів для підвищення його ефективності та довговічності.

1.5 Передбачувані причини недоліків

Технологічні проблеми часто пояснюються зі складністю процесів змішування та агломерації, які проявляються у взаємозалежності параметрів функціонування барабана та властивостей шихти, що зазнають змін у часі. Ці процеси привертають значну увагу дослідників, оскільки мають важливе значення для оптимізації виробничих параметрів. Зокрема, встановлено, що

оптимальні результати грануляції шихти в барабанах досягаються за умови роботи з частотою обертання в межах 9–13 обертів на хвилину.

1.6 Постановка мети та задач

Метою даної кваліфікаційної роботи є вдосконалення надійності конструкції змішувача – огрудковувача при експлуатації за умов збільшеної частоти обертання барабана. Для досягнення поставленої мети необхідно реалізувати низку завдань:

1. Провести систематизований літературний та патентний аналіз сучасних технологічних рішень у цій галузі.
2. Сформувати науково-технічне обґрунтування вибору конструктивних рішень для механізму.
3. Виконати відповідні інженерні розрахунки, що підтверджують ефективність і обґрунтованість запропонованих інженерних рішень.
4. Розробити базову конструкторську документацію, необхідну для виробництва і впровадження механізму.
5. Проаналізувати потенційні шкідливі та небезпечні чинники, які можуть виникати під час експлуатації барабанного змішувача – огрудковувача, та запропонувати заходи щодо їх мінімізації.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Літературно-патентний огляд

Вдосконалення конструкцій барабанних змішувачів – огрудковувачів здійснюється у двох основних напрямках [5]:

1. Оптимізація режимів роботи та впровадження додаткових пристроїв для вдосконалення технологічного процесу, що включає підвищення ступеня однорідності шихти, збільшення продуктивності агрегату, покращення якості огрудкування тощо.

2. Забезпечення надійності та довговічності в вузлах, деталях барабанних механізмів.

Низка заходів, яку можна віднести до першого напрямку, а зокрема:

– Збільшення частоти обертання барабана з 4–5 об/хв до 9–13 об/хв із одночасним збільшенням ступені заповнення його об'єму з 15–18% до 30–40%.

– Використання спеціального пристрою для додаткового перемішування матеріалу, який представлений ротором з пальцями й оснащений приводом; цей пристрій розташовано всередині барабана.

– Вибір оптимальної форми барабана, що сприяє ефективному перемішуванню матеріалів. Виконання барабана у вигляді двошабелевої конструкції, яка складається з конусної та циліндричної частин, встановлених на рамі під кутом нахилу до осі обертання в напрямку завантажувальної воронки, дозволяє створити специфічні потоки шихти. У конусній частині формується потік дрібної шихти, який рухається назустріч крупнішій шихті, сприяючи гранулоутворенню. Циліндрична ж частина створює оптимальні умови для ущільнення гранул, що позитивно впливає на якість вихідного продукту.

Принципову конструктивну схему цього огрудковувача наведено на рисунку 2.1 [5].

Двощабелевий барабан (позиція 2) закріплено на рамі (позиція 1) із кутом нахилу осі обертання α відносно горизонталі в сторону завантажувальної воронки (позиція 3).

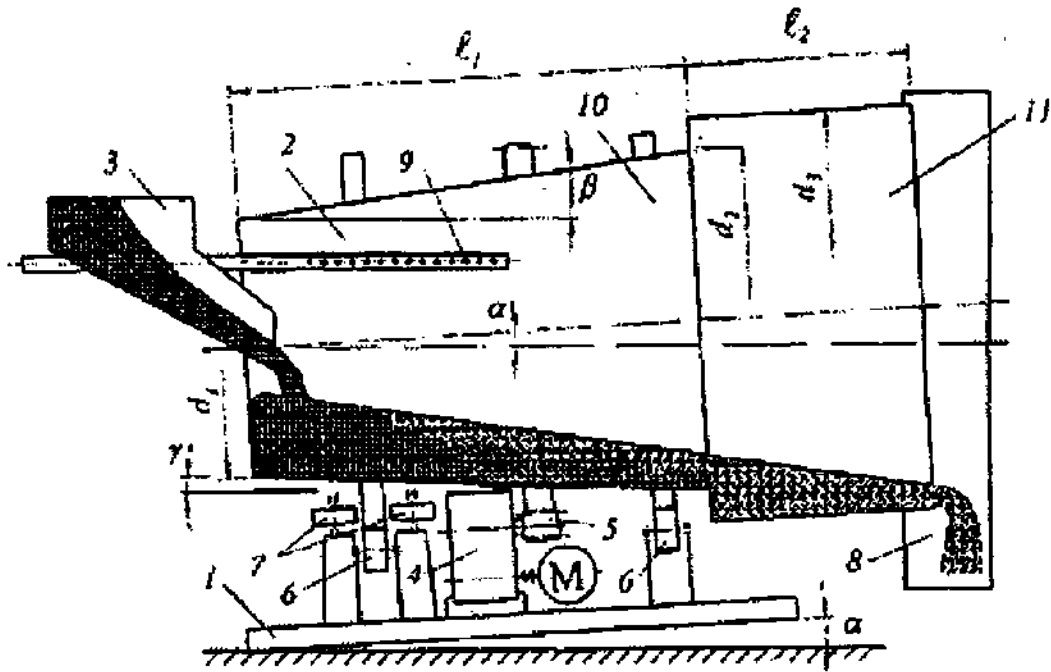


Рис. 2.1. Огрудкувач шихти

- 1 – рама; 2 - барабан; 3 – воронка завантажувальна; 4 – привод;
 5 – передача зубчаста; 6 – ролик опорний; 7 – ролик упорний;
 8 – воронка розвантажувальна; 9 – труба для води;
 10 – конусна частина; 11 – циліндрична частина

Джерело: розроблено із використанням [5]

Нахил твірної поверхні конуса у верхній частині відносно осі обертання визначається кутом β , тоді як у нижній частині барабана нахил твірної відносно горизонталі дорівнює $\gamma = \beta - \alpha$. Довжина конусної частини барабана (l_1) встановлюється так, що вона дорівнює подвоєній довжині циліндричної частини, тобто $(l_1 = 2l_2)$. Значення більшого діаметра конуса обчислюється за умови, що кут β знаходиться в межах $6^\circ \dots 18^\circ$. Для

шихти, яка складається на 100% із залізорудного концентрату, значення кута β приймається рівним 6° , тоді як для шихт із вмістом концентрату менше 50% цей кут встановлюється на рівні 18° . Діаметр циліндричної частини (d_3) перевищує більший діаметр основи конуса (d_2) і визначається із співвідношення ($d_3 = 1,1 \dots 1,5 d_2$), що залежить від продуктивності пристрою для огрудкування [5].

Функціонування огрудкувача шихти здійснюється наступним чином. При підключенні приводу до живильної мережі зубчаста передача активує обертання двоступеневого барабана. Через завантажувальну воронку шихта потрапляє в конусну частину барабана, а через спеціальну трубу подається вода, необхідна для процесу огрудкування. Під час обертання барабана агломераційна шихта зволожується та перебуває у стані постійного перемішування. У конусній частині, завдяки нахилу осі обертання під кутом α та нахилу твірної конуса під кутом β , дрібні частинки здійснюють рух у бік завантажувальної воронки, тоді як більші кондиційні гранули переміщуються у протилежному напрямі через вплив нахилу твірної під кутом γ . У результаті цього лише фракції гранул із заданими кондиціями потрапляють до циліндричної частини барабана. Циліндрична частина барабана має діаметр (d_3), що перевищує (d_2) у $1,1 \dots 1,5$ разів. Така геометрія створює достатнє динамічне навантаження на гранули для їх ущільнення. У цій зоні вода для подальшого гранулювання не додається, а основною задачею є ущільнення вже сформованих гранул. Збільшення значення ($d_3 > d_2$) дозволяє зменшити довжину (l_2), оптимізуючи конструкцію пристрою [5].

Отже, процес формування гранул у двоступеневому барабані 2 розподіляється на стадію гранулоутворення в конусній частині (10) та стадію ущільнення гранул у циліндричній частині (11) під впливом динамічних навантажень.

Використання запропонованого обладнання для огрудкування шихти дає змогу підвищити якість процесу, а також збільшити продуктивність агломашин завдяки отриманню гранул із мінімальним розкидом у розмірі.

Низка заходів, яку можна віднести до другого напрямку, а зокрема [6]:

- застосування металогумових амортизаторів як віброізоляторів, які монтуються між рамою змішувача-огрудковувача і додатковою нижньою рамою, закріпленою на фундаменті установки;

- установлення барабана на еластичні опорні ролики, що виконують додаткову функцію передачі крутного моменту від приводу до барабана за допомогою фрикційного зв'язку між роликами та бандажами барабана. На аглофабриці металургійного комбінату було впроваджено горизонтальне розташування одного з барабанів для огрудкування діаметром 2,5 м і завдовжки 5 м, із підвищенням швидкості його обертання з 4 до 8 обертів за хвилину. Це сприяло поліпшенню процесу огрудкування шихти. Однак нормальна експлуатація барабана стикалася з труднощами через низку чинників: відхилення в точності виготовлення, замикальних робіт та налаштування приводу, а також конструктивних елементів системи (барабана, бандажів, роликів). Крім цього, збільшення моментів інерції невідножених мас щодо осі обертання викликало небезпечні вібраційні навантаження в процесі роботи. Оптимальні результати грануляції для барабанів подібних параметрів досягаються за частоти обертання в межах 9–13 обертів за хвилину.

Для забезпечення ефективної роботи барабанів за умов підвищених швидкостей було необхідно розробити нову конструкцію установки, яка б запобігала руйнуванню компонентів, таких як привід, бандажі, опорні ролики, рама та перекриття будівлі. У процесі модернізації на агломераційній фабриці були випробувані роликові опори, виконані у формі автомобільних коліс із типорозміром шин 20×26 [6].

Однак більш успішною виявилася конструкція барабанного огрудковувача, запропонована тією ж агломераційною фабрикою в 1968 році. Вона мала аналогічні розміри, але використовувала гумовані катки, що суттєво покращило надійність і експлуатаційні характеристики обладнання.

Барабан виконаний із двох половин, які жорстко з'єднані між собою. Бандажі приєднані до барабана через кільця з ребрами жорсткості, що забезпечує додаткову стабільність конструкції. Установлений у горизонтальній позиції, барабан обертається на восьми парах гумованих катків, розміщених попарно. Передача крутного моменту здійснюється через дві приводні пари, що забезпечують рівномірний рух барабана (див. рис. 2.2).

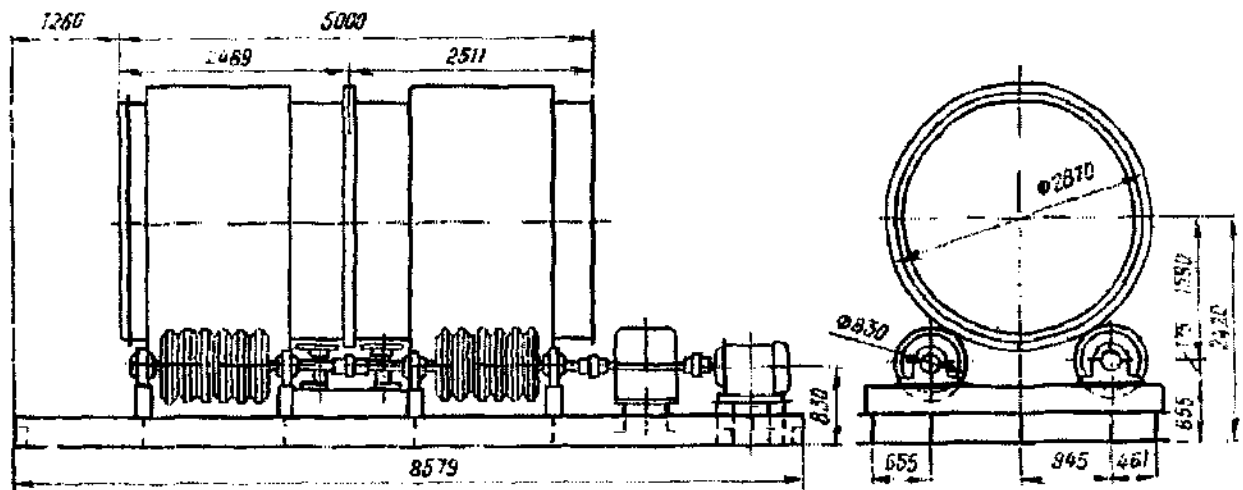


Рис. 2.2. Барабанний огрудковувач аглошихти на гумованих катках

Джерело: розроблено із використанням [6]

Таке рішення забезпечить значне підвищення швидкості обертання барабану, майже повністю усуває вібраційні дії в металоконструкціях та руйнування будівельних перекриттів, у 2 – 3 рази подовжує міжремонтний період і покращує процес огрудкування та подальшого використання агломераційної шихти [6].

Однак встановлення віброгасників супроводжується зростанням капітальних витрат. Це пов'язано зі збільшенням маси машини на 25–30 тонн через виготовлення нових рам, а також з тим, що амортизатори характеризуються низькою надійністю і швидко виходять з ладу [6].

2.2 Пропозиції по модернізації

У представленій кваліфікаційній роботі розглянуто питання модернізації конструкції барабанного змішувача – огрудковувача. Здійснена модернізація має на меті підвищення технологічних параметрів роботи, зниження динамічних навантажень на компоненти та вузли барабана, а також зменшення навантаження на конструкцію будівлі.

Основою модернізації обрано конкретне технічне рішення, яке містить наступні аспекти. Для оптимізації процесу грануляції пропонується використання двощаблевого барабану відповідно до [6] з підвищенням частоти його обертання до 13 об/хв.

Для зменшення вібрацій елементів системи передбачені заходи, спрямовані на заміну металевих опорних котків на гумовані, що сприятиме покращенню демпфуючих характеристик системи. Крім того, передача крутного моменту від приводу до барабана планується через фрикційну передачу замість існуючої зубчастої. Запропоновано зробити опорні ролики приводними, уникаючи жорсткого зв'язку між барабанним агрегатом, фундаментом і приводом. Такий підхід дозволяє значно знизити рівень вібраційних навантажень, що виникають внаслідок інерційних сил незбалансованих мас відносно осі обертання барабана, на металоконструкції агрегату та міжповерхові перекриття.

Крутний момент, створюваний електродвигуном, передається через двоступінчастий циліндричний редуктор 10 до приводних опорних роликів 6 із гумовим покриттям. Завдяки фрикційному зв'язку з опорними бандажами барабана, цей момент забезпечує його обертання. Завдяки фрикційному контакту між роликами та опорними бандажами забезпечує обертання барабана. Конструктивно барабан складається з двох частин: конічного напівбарабана 1 та циліндричного напівбарабана 3, які з'єднані жорстко за допомогою фланців. До конструкції барабана також входять опорні бандажі 2 та упорний бандаж 4, закріплені на ньому за допомогою посиленних кілець із ребрами жорсткості.

Барабан встановлено горизонтально і він опирається на чотири парно розміщені гумовані ролики. Вони приймають крутний момент від двох приводних роликів, розташованих з боку приводу. Приводна система включає електричний двигун постійного струму та редуктор циліндричного типу. Така конфігурація забезпечує можливість регулювання частоти обертання барабана, що є важливим для оптимізації технологічних процесів.

Для запобігання поздовжньому зміщенню барабана, його фіксують при допомозі двох металевих роликів 7, які розташовані опозитно та взаємодіють з упорним бандажем барабана.

Усі ролики змонтовані на дворядних сферичних підшипниках, здатних компенсувати монтажні перекоси та забезпечувати високу вантажопідйомність.

Опорні ролики мають секційну конструкцію та включають гумовані втулки, закріплені на загальних валах за допомогою шпонок. Такий підхід сприяє підвищенню надійності роботи опорних роликів, а також полегшує їхнє встановлення і демонтаж, як що треба замінити окремі секції у разі виходу зі строю. Приводний механізм та підшипникові вузли барабану

встановлюються на єдину раму, закріплену на фундамент за допомогою анкерних болтів.

Процес загрузки агломераційної шихти до барабану відбувається скрізь отвір завантажувального бункеру, тоді як виведення готового продукту відбувається через розвантажувальний бункер.

2.3 Переваги пропонованої конструкції

Запропонована в рамках кваліфікаційної роботи конструкція сприяє підвищенню якості процесу огрудкування агломераційної шихти та забезпеченню більшої продуктивності агломераційних машин. Це досягається завдяки отриманню гранул із мінімальним відхиленням за розміром. Конструкція характеризується підвищеною швидкістю обертання барабана, що фактично повністю усуває вібрації, що негативно впливають на металоконструкції та перекриття будівлі. Окрім цього, вона подовжує міжремонтний період у два-три рази, значно покращує умови процесу огрудкування та створює сприятливі передумови для подальшого спікання агломераційної шихти.

2.4 Розрахунки по модернізації

2.4.1 Визначення початкових даних для розрахунків

Геометричні розміри барабана (рис. 2.4)

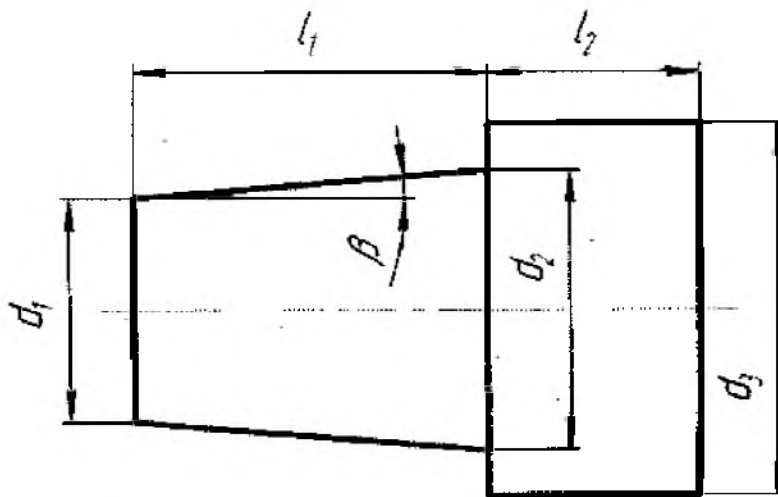


Рис. 2.4. До розрахунку геометричних розмірів барабана
(розроблено автором)

Діаметр циліндричної частини барабана внутрішній, $d_3 = 2500$ мм.

Більший діаметр конічної частини барабана внутрішній [7],

$$d_2 = d_3 / 1,1 = 2500 / 1,1 = 2270 \text{ мм.}$$

Довжина барабана загальна $l = 7170$ мм.

Довжина циліндричної частини барабана,

$$l_2 = l / (2,5 \dots 3) = 7170 / (2,5 \dots 3) = (2668 \dots 2390) \text{ мм.}$$

Приймаємо $l_2 = 2500$ мм.

Довжина конічної частини барабана, $l_1 = l - l_2 = 7170 - 2500 = 4670$ мм.

Менший діаметр конічної частини барабана внутрішній [7],

$$d_1 = d_2 - 2l_1 \text{tg}\beta = 2270 - 2 \cdot 4670 \cdot \text{tg}6^\circ = 1290 \text{ мм.}$$

Частота обертання барабана $n_6 = 13$ об/хв.

Маса частин барабана, що обертаються [8]

$$\begin{aligned} m_{об} &= 1,1(m_{ц} + 2m_{б.о.} + m_{б.у.}) = 1,1(6225 + 2 \cdot 1910 + 1690) = \\ &= 12908,5 \text{ кг} \approx 12900 \text{ кг} \end{aligned} \quad (2.1)$$

де $m_{ц}$ – маса циліндричної частини барабана

$$m_{ц} = \frac{\pi(d_{н}^2 - d_{в}^2)l_{б}\rho_{ст}}{4} = \frac{3,14(2,528^2 - 2,5^2)7,17 \cdot 7850}{4} = 6225 \text{ кг} \quad (2.2)$$

де $m_{б.о.}$ - маса бандажа опорного

$$m_{б.о.} = \frac{\pi(d_{н.б.о.}^2 - d_{в.б.о.}^2)l_{б.о.} \cdot \rho_{ст}}{4} = \frac{3,14(2,78^2 - 2,752^2)2,0 \cdot 7850}{4} = 1910 \text{ кг}$$

де $m_{б.у.}$ - маса бандажа упорного

$$m_{б.у.} = \frac{\pi(d_{н.б.у.}^2 - d_{в.б.у.}^2)l_{б.у.} \cdot \rho_{ст}}{4} = \frac{3,14(3,2^2 - 2,9^2)0,15 \cdot 7850}{4} = 1690 \text{ кг}$$

Максимальна маса шихти при максимальному ступені заповнення барабана [8]

$$m_{ш} = \frac{\pi d_{в.б.}^2 \cdot l \cdot \gamma \cdot k_3}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,5^2 \cdot 7,17 \cdot 1600 \cdot 0,3}{4} = 16885 \text{ кг} \quad (2.3)$$

де γ – насипна маса аглошихти, $\gamma = 1600 \text{ кг/м}^3$,

k_3 – коефіцієнт максимального ступеня заповнення барабана, $k_3 = 0,3$.

2.4.2 Силовий і кінематичний аналіз

Навантаження на один ролик

$$N_p = \frac{G_{\Sigma б} + G_{ш}}{z \cos \alpha} = \frac{g(m_{\Sigma б} + m_{ш})}{4 \cos 30^\circ} =$$

$$= \frac{9,81(12900 + 16885)}{4\cos 30^\circ} = 84319,9 \text{ Н} \approx 84,3 \text{ кН} \quad (2.4)$$

Момент (M_1) від сил тертя в підшипниках роликів, приведений до вісі барабана [10]

$$M_1 = N_p \frac{d_{ц}}{2} f \frac{R_{б.о.}}{r_{р.о.}} z = 84,3 \frac{0,18}{2} 0,015 \frac{1,39}{0,3} 4 = 2,1 \text{ кНм} \quad (2.5)$$

де $d_{ц}$ – діаметр цапфи, $d_{ц} = (0,25 \dots 0,3)D = (0,25 \dots 0,3)600 = (150 \dots 180) \text{ мм}$,
приймаємо $d_{ц} = 180 \text{ мм}$;

f - коефіцієнт тертя в підшипниках роликів, $f = 0,015$;

$R_{б.о.}$ – радіус бандажа опорного, $R_{б.о.} = 1390 \text{ мм}$;

$r_{р.о.}$ – радіус роликів опорних, $r_{р.о.} = 300 \text{ мм}$.

Момент (M_2) від сил тертя кочення бандажів по роликах, приведений до вісі барабана [10]

$$M_2 = N_p k \frac{R_{б.о.}}{r_{р.о.}} z = 84,3 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \frac{1,39}{0,3} 4 = 7,8 \text{ кНм} \quad (2.6)$$

де k – коефіцієнт тертя кочення ролика по бандажу, приймаючи бандаж пласкою поверхнею, а ролик гумовим, по рекомендації [8] $k = 5 \cdot 10^{-3}$ м.

Момент від ваги шихти в барабані, що обертається [11]

$$M_3 = g m_{ш} R_{ш} \sin \varphi = 9,81 \cdot 16875 \cdot 0,753 \sin 45^\circ = 88144 \text{ Нм} \approx \approx 88,2 \text{ кНм} \quad (2.7)$$

де $R_{ш}$ – відстань від осі барабана до центра тяжіння кругового сегменту шихти.

Припускається, що шихту можна розглядати як одне нерухоме тіло, форма поперечного перерізу якого відповідає сегменту, нахиленому щодо вертикалі під кутом φ (рис. 2.5). Цей кут визначається природним укосом матеріалу і значною мірою залежить від швидкості обертання барабана. У практичних розрахунках для залізорудної шихти, що знаходиться в барабані, зазвичай кут φ приймається рівним 45° . Для геометричної характеристики сегмента визначають його площу, а також обчислюють розміри і координати центру тяжіння. У даному випадку радіус, що відповідає центру тяжіння шихти, становить $R_{ш} = 0,638$ м [13].

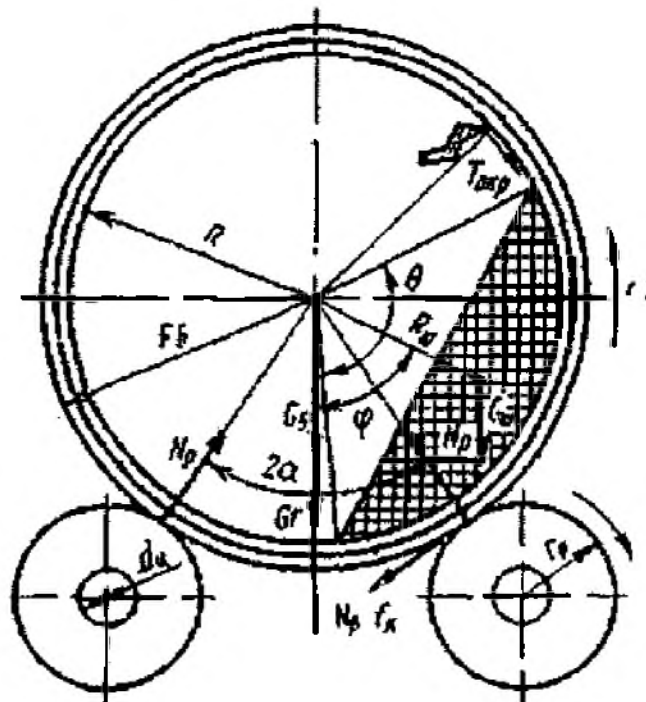


Рис. 2.5. Схема до розрахунку барабанного змішувача - огрудковувача
(розроблено автором)

Сумарний момент на вісі барабана [12]

$$M = M_1 + M_2 + M_3 = 2,1 + 7,8 + 88,2 = 98,1 \text{ кНм} \quad (2.8)$$

Частота обертання опорних роликів

$$n_{\text{р.о.}} = n_{\text{б}} \frac{d_{\text{б.о.}}}{d_{\text{р.о.}}} = 13 \frac{2,78}{0,6} = 60,23 \text{ об/хв} \quad (2.9)$$

Кутова швидкість обертання опорних роликів

$$\omega_{\text{р.о.}} = \frac{\pi n_{\text{р.о.}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 60,2}{30} = 6,3 \text{ с}^{-1} \quad (2.10)$$

Кутова швидкість обертання барабана

$$\omega_{\text{б}} = \frac{\pi n_{\text{б}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 13}{30} = 1,317 \text{ с}^{-1} \quad (2.11)$$

2.4.3 Розрахунок потужності приводу механізму

Розрахункова потужність електродвигуна, який забезпечує привід барабана в умовах тривалого режиму роботи, визначається з урахуванням технічних параметрів системи та умов її експлуатації [12].

$$N_{\text{р.дв}} = \frac{M\omega_{\text{б}}}{\eta} = \frac{98,1 \cdot 1,317}{0,96} = 134,6 \text{ кВт} \quad (2.12)$$

де η - к.к.д. приводу, $\eta = 0,96$.

Для вибору електродвигуна постійного струму було обрано захищений вентиляований тип ДП-92, характеристики якого наведено нижче [12]

	31
1. Потужність, кВт	135
2. Частота обертання, об/хв	470
3. Коефіцієнт короткочасного перевантаження, що допускається	2,5
4. Напруга, В	220
5. Сила струму, А	670
6. Момент інерції ротора, кгм ²	325
7. Маса, кг	4450

Двигун дозволяє налаштувати частоту обертання, що є важливим для вибору оптимального режиму роботи барабана.

Критерії вибору електродвигуна виконуються, оскільки [12]

$$N_{p,дв} = 134,6 \text{ кВт} < N_{дв} = 135 \text{ кВт} \quad (2.13)$$

Кутова швидкість обертання електродвигуна

$$\omega_d = \frac{\pi n_d}{30} = \frac{3,14 \cdot 470}{30} = 49,2 \text{ с}^{-1} \quad (2.14)$$

Номінальний момент електродвигуна

$$M_{ном} = \frac{N_d}{\omega_d} = \frac{135}{49,2} = 2,74 \text{ кНм}. \quad (2.15)$$

РОЗДІЛ 3

ОРГАНІЗАЦІЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Охорона праці являє собою систему заходів правового, соціально-економічного, організаційно-технічного, санітарно-гігієнічного та лікувально-профілактичного характеру, які спрямовані на збереження здоров'я працівників у процесі їхньої трудової діяльності. Основною метою цієї системи є забезпечення зберігати здоров'я працівників, створення належних умов роботи, запобігання професійним захворюванням та виробничим травмам.

Законодавча основа охорони праці формована, зокрема, Законом України "Про охорону праці", Кодексом законів про працю України (КЗпП) та низкою нормативно-правових актів, розроблених відповідно до вказаних документів [14].

Дія Закона "Про охорону праці" поширюється на всі організації незалежно від форм власності чи виду діяльності, а також на всіх людей, які здійснюють трудову діяльність або виконують роботи в цих організаціях.

Усі технологічні операції мають здійснюватися у повній відповідно до державних стандартів системи безпечного проведення робіт, а ступінь та концентрація потенційно шкідливих факторів у виробничих приміщеннях повинні бути відповідні до чинних санітарних норм.

У частині 11 Кодексу законів про працю України, який присвячений охороні праці, зазначено вимогу врахування норм з охорони праці під час проектування об'єктів, нових технологій, засобів виробництва, а також колективних і індивідуальних засобів захисту працівників. Ці положення зобов'язують забезпечувати безпечні умови праці на всіх етапах розробки та впровадження відповідних інженерних рішень [14].

Будівельні нормативи і загальні правила (СНіП) містять вимоги щодо проектування та пристрою виробничих будівель і приміщень, включаючи

освітлення, вентиляцію, опалення та благоустрій території. Їх дотримання є необхідним для забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці.

Правила улаштування електричних установок (ПУЕ) встановлюють регламенти щодо будівництва і введення в експлуатацію електростанцій, підстанцій, електричних мереж, монтажу проводки та використання електрообладнання. Вони спрямовані на забезпечення безпечного використання електроенергії та захист працівників від ураження електричним струмом [14].

Ця кваліфікаційна робота бакалавра присвячена модернізації конструкції барабанного змішувача – огрудковувача спікального відділення агломераційного цеху. У межах цього розділу проаналізовано основні небезпечні та шкідливі фактори, характерні для даного виробничого процесу.

Окрім аналізу ризиків, запропоновано заходи для мінімізації впливу шкідливих і небезпечних чинників у спікальному відділенні. Також обгрунтовано ефективність протипожежних профілактичних заходів. Крім того, виконано розрахунок параметрів циклона, який спрямований на зниження концентрації пилу у повітрі робочого приміщення задля покращення умов праці працівників.

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих чинників

В цеху агломерації, під час проведення технологічного процесу із виробництва агломерату офлюсованого, а також у ході ремонтних, експлуатаційних і обслуговуючих робіт із відповідним обладнанням, наявні низка небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а саме [14]:

1. підвищений рівень запиленості повітря у робочій зоні;
2. теплові виділення;
3. шумове навантаження;
4. ризик ураження електричним струмом;
5. можливість отримання опіків;

6. небезпека травм від рухомих і обертових частин обладнання;
7. токсична дія газоподібних речовин.

Барабанний змішувач – огрудковувач розміщено на рівні +23,800 мм у відділенні спікання агломерату .

У межах відділенні спікання агломерату, окрім зазначеного барабанного змішувача – огрудковувача, функціонує широкий спектр обладнання, зокрема машина агломераційна, дозатори конвеєрного типу, живильник, грохот, тощо. Це обладнання виконує ключові технологічні процеси, пов'язані з транспортуванням, перевантаженням, дозуванням аглошихти, процесом спікання аглошихти та його подальшою обробкою. У ході цих операцій утворюється значне запилення, здебільшого фіброгенного характеру. Розміри часток пилу у виробничому цеху варіюються в широких межах: великі фракції осідають досить швидко, тоді як дрібнодисперсні частинки залишаються у повітрі тривалий час. Хімічний склад пилу на виробництві включає оксиди заліза, кокс та вапно [14].

Вдихання пилу може призводити до захворювань дихальної системи, а тривалий контакт із ним спричиняє запалення органів зору.

Під час експлуатації технологічного обладнання, окрім значної запиленості навколишнього середовища, спостерігається високий рівень шуму, який суттєво впливає на фізіологічний стан працівників. Зокрема, акустичні подразники негативно позначаються на стані центральної нервової системи, що проявляється через підвищену втому, порушення роботи серцево-судинної та дихальної систем, а також уповільнення психічних реакцій. Такі наслідки створюють додаткові ризики у виробничій діяльності, збільшуючи вірогідність травматизму, появу помилок у робочих процесах і розвиток професійно обумовлених захворювань [14].

Джерелами інтенсивного теплового випромінювання на виробництві є запалювальні горни та готовий агломерат. Зокрема, температура продуктів згоряння палива в горнах, що забезпечують розпалення шихти, може досягати 1200–1400 °С. У свою чергу, температура агломерату безпосередньо

під час його розвантаження з агломераційної машини становить приблизно 600–700 °С [14].

Умови праці слюсаря – ремонтника, що виконує свої обов’язки в приміщенні спікального відділення, детально наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Умови праці слюсаря – ремонтника, що виконує свої обов’язки в приміщенні спікального відділення

Ділянка, професія	Фіз-фактор		Метеофактори								Шкідливі речовини, мг/м ³					
	Шум, дБ(А)		Швидкість руху повітря, м/с		Відносна вологість повітря, %		Температура				Запиленість		Загазованість (СО)			
							Холодний період, t°С		Теплий період, t°С							
ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДУ	Факт	ГДК	Факт	ГДК	Факт	
Агло-фабрика, спікальне відділення, слюсарь-ремонтник	80	92	>0,4	0,6	75	90	15–21	8	20–27	41	4	18,5	20	21		

Джерело: розроблено із використанням [14]

Проаналізувавши умови праці, проведені на основі даних, представлених у таблиці 3.1, свідчить про істотне перевищення допустимих нормативів за кількома ключовими параметрами. Рівень шуму в робочій зоні становить 92 дБ(А), що перевищує гранично допустиме значення (80 дБ(А)) на 12 дБ(А). Окрім цього, параметри мікроклімату в приміщеннях, зокрема температурні показники і відносна вологість повітря, не задовільняють чинні санітарні норми. Особливе занепокоєння викликає рівень запиленості, який перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК) у 4,6 раза, а також концентрація вуглецю оксиду (СО), яка перевищує норму у 1,55 раза. Ці фактори вказують на нагальну необхідність застосування комплексних заходів щодо зниження впливу небезпечних чинників на працівників.

У рамках дослідження також було розглянуто функціонування барабанного змішувача – огрудковувача – агрегату, оснащеного механічним і електричним обладнанням. Зазначене устаткування створює ризик травмування під час взаємодії з рухомими частинами механізмів. Особливо небезпечними є елементи з виступаючими деталями, такими як болти або шпонки, а також рухомі частини, які обертаються назустріч одна одній і формують захоплюючі або втягувальні зони [14].

Окремої уваги потребує електрообладнання для технологічних процесів, яке функціонує під напругою 380 В, та освітлювальні пристрої з напругою 220 В. Зазначена напруга створює підвищений ризик виникнення електротравм, що зумовлює необхідність суворого дотримання правил техніки безпеки та відповідного контролю за їх виконанням.

Ризик отримання уражень електрострумом і супутніх травм може виникати за певних умов, зокрема:

1. під час контакту з оголеними струмопровідними частинами, компонентами тролейних кранів або переміщувальними візками;
2. у разі фізичного контакту з устаткуванням, яке перебуває під електричною напругою;
3. у випадку потрапляння під напругу через металеві корпуси машин чи панелей керування;
4. під час виконання операцій із роз'єднувачем під напругою або контактором без застосування дугогасильних засобів.

Ураження електричним струмом класифікуються на дві основні категорії: електричні травми та електричні удари.

Електричні травми становлять локалізовані пошкодження тканини тіла і органів, які виникають унаслідок дії струму, та проявляються у вигляді опіків або явища електрометалізації шкірного покриву.

Електричні удари, у свою чергу, характеризуються як системна реакція організму на вплив невеликого струму [14].

Хоча такий струм зазвичай не спричиняє термічних ушкоджень, він здійснює істотний вплив на нервову систему та м'язову тканину [14].

Наслідками такого впливу можуть бути порушення функції дихальної мускулатури або блокування роботи серцевих м'язів, що становить серйозну загрозу для життя.

3.2 Заходи по зниженню і усуненню шкідливих і небезпечних чинників

Для зменшення рівня концентрації пилових частинок у повітрі доцільним є застосування комплексного підходу, що включає різноманітні методи та технології. Одним із напрямків є використання методів сухого очищення, до яких належать пилоосаджувальні камери, циклони, мультициклонні системи, інерційні пристрої та тканинні фільтри. Додатково ефективними є технології мокрого очищення, які базуються на застосуванні скрубєрів різних типів, а також методи електричного очищення, зокрема через використання сухого і мокрого електрофільтрування. Важливим засобом значного зменшення запиленості є часткова або повна герметизація виробничого обладнання. У разі організації переміщення шихтового матеріалу між виробничими агрегатами чи бункерами на конвеєрній основі поліпшення санітарно-гігієнічних умов досягається шляхом герметизації джерел виникнення пилу та організації аспірації, тобто вилучення запиленого повітря. Такий підхід сприяє мінімізації впливу пилових частинок на робочу зону, забезпечуючи комфортніші й безпечніші умови для працівників.

Для зниження рівня шумового впливу рекомендовано впроваджувати ряд заходів [14]:

1. спорудження спеціалізованих фундаментів, що мають автономний характер щодо основної конструкції будівлі. Такі фундаменти вирізняються значною масою, облаштовані

- акустичними швами, а також передбачають використання ізолюючого матеріалу і амортизувальних елементів;
2. використання звукоізоляційних загороджень для ізоляції обладнання з особливо високим рівнем шуму від виробничого приміщення;
 3. застосування сучасних звукоізоляційних і звукопоглинаючих елементів в конструкціях і просторовій організації;
 4. впровадження як індивідуального, так і колективного засобу захисту від впливу шуму та вібраційного впливу, які спрямовані на забезпечення комфортних умов праці.

З метою запобігання ураженню електрострумом, все електрообладнання на виробничому майданчику оснащено системою заземлення. Роз'єми, призначення яких, це включення переносного виду ламп, які функціонують при напрузі 12 В. На електрошафах та розподільчих щитах нанесені відповідні маркування та попереджувальні написи. До колективного засобу захисту від ураження електрострумом належать захисне, запобіжне та гальмівне устаткування, системи сигналізації, управління з дистанції, а також інформаційні позначки про безпеку [14].

Окрім цього, керування електричними двигунами створена таким чином, щоб виключити ймовірність їхнього автоматичного перезапуску у разі поновлення електроживлення після несподіваного зникання напруги.

Електрична мережа освітлення інтегрована до автоматизованої системи введення, яка гарантує безперервне постачання електричної напруги навіть у разі відключення основного автоматичного введення. Для забезпечення відповідності нормам техніки безпеки передбачається постійне утримання панелей і корпусів шаф з ящиками опорів у зачиненому стані за допомогою замків, що сприяє мінімізації ризику доступу сторонніх осіб. З метою запобігання випадковому ввімкненню грохотів рекомендовано застосовувати спеціалізовані ключі-жетони, що дозволяє знизити ймовірність аварійних ситуацій та забезпечити безпечну експлуатацію обладнання.

Обертальні частини механізмів повинні бути оснащені захисними кожухами для забезпечення безпечної роботи персоналу, а система змащення має працювати в централізованому та автоматизованому режимі, що є необхідною умовою підтримання технічної справності обладнання.

Особливу увагу слід приділити освітленню, оскільки недостатній рівень освітленості є одним із провідних чинників підвищеного рівня травматизму на виробництві. Він негативно впливає на гостроту зору працівників і спричиняє зниження продуктивності праці. Тому створення якісних умов освітлення на робочих місцях у будь-який час доби є пріоритетним завданням. Згідно з вимогами нормативного документа БНіП П-4-79, освітленість приміщень для технологічного спікання має становити щонайменше 150 люксів, що є необхідною умовою для безпечної та ефективної роботи персоналу [14].

Для зменшення вмісту пилових частинок у повітрі, яке надходить ззовні, передбачається встановлення одного циклона для кожної агломераційної машини [14].

Розрахуємо параметри циклону.

Початкові дані

Для розрахунку циклонів приймаємо початкові дані

1. об'єм запошеного повітря $11200 \text{ м}^3/\text{год}$;
2. об'ємна вага пилу $2100 \text{ кг}/\text{м}^3$;
3. вага окремих фракцій:
4. до 11 мкм – $6,2 \%$;
5. до 8 мкм – $5,0 \%$;
6. до 20 мкм – $88,8 \%$;
7. ступінь очищення 90% .

Очищення проводить один циклон і пропускається $11200 \text{ м}^3/\text{год}$ запошеного повітря.

Визначаємо площу перетину вихлопної труби

$$S_B = \frac{V}{3600v} = \frac{12000}{3600 \cdot 6} = 0,555 \text{ м}^2, \quad (3.1)$$

де V – об'єм повітря, $V=12000 \text{ м}^3$;

v – швидкість повітря на виході, $v = 6 \text{ м/с}$.

Діаметр труби складе $d_{e.тр.} = 840 \text{ мм}$.

Площа перетину труби, що підводить

$$S_{под} = \frac{12000}{3600 \cdot 116} = 0,209 \text{ м}^2.$$

Діаметр труби складає $d_{n.тр.} = 165 \text{ мм}$.

Визначення розмірів перетину переходу круглого перетину в прямокутне [14]

$$S_{пер.} = 0,209 = ab = 1,5bb, \quad (3.2)$$

де a, b – довжина сторін прямокутника, мм,

1,5 – коефіцієнт співвідношення довжини до ширини.

Звідки $a = 560 \text{ мм}$; $b = 370 \text{ мм}$.

Зовнішній радіус циклону

$$RH = R_l + b = 420 + 370 = 790 \text{ мм} \quad (3.3)$$

де R_l – радіус вихлопної труби $R_l = 420 \text{ мм}$.

Середній радіус циклону

$$R_{cp} = R_H + R_l/2 = 790 + 420/2 = 605 \text{ мм}; \quad (3.4)$$

Середню окружну швидкість повітря v_{cp} приймаємо $11,4 \text{ м/с}$.

Швидкість частинки в середній часта циклону

Кутова швидкість обертання частинки в середній частині циклону навколо вісі

$$\omega = v_{cp} / R_{cp} = 11,4 / 0,605 = 18,85 \text{ c}^{-1}. \quad (3.5)$$

Для визначення часу руху частинки в циклоні приймаємо [14]:

1. температура повітря, що поступає в циклон, $t = 15^\circ\text{C}$;
2. кінематична в'язкість повітря, $\gamma = 14,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
3. об'ємна вага повітря $g_a = 1,226 \text{ кг}/\text{м}^3$;
4. об'ємна вага пилу $g_n = 2100 \text{ кг}/\text{м}^3$;
5. ступінь очищення 90 %.

$$T = \frac{18\gamma g_n \ln R_2 R_1}{d^2 \omega^2 g_a} = \frac{18 \cdot 14,4 \cdot 10^{-6} \cdot 2100 \ln 0,79 \cdot 0,42}{(10^{-5})^2 \cdot 11,4^2 \cdot 1,226} = 2 \text{ с}. \quad (3.6)$$

Довжина шляху порошинки складе

$$L = V_{cp} t = 11,2 \cdot 2 = 22,8 \text{ м}. \quad (3.7)$$

Середня довжина, витка складе

$$L_b = 2\pi R_o = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,605 = 3,8 \text{ м}. \quad (3.8)$$

Число витків складе

$$N = \frac{L}{L_b} = \frac{22,8}{3,8} = 6. \quad (3.9)$$

Висота витка складе

$$H = aN = 560 \cdot 6 = 3360 \text{ мм}; \quad (3.10)$$

де a – ширина, переходу, $a=560$ мм;

N – число витків $N=6$ шт.

Приймаємо 15% запасу, уточнену висоту витка

$$H_e = 1,15 \cdot 3,36 = 3,86 \text{ м.} \quad (3.11)$$

Приймаємо діаметр розвантажувального вікна для видалення пилю
 $d_{ок} = 250$ мм.

Визначаємо довжину конічної частини циклону

$$H_{кон} = \left(\frac{d_2}{2} - \frac{d_1}{2} \right) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \left(\frac{790}{2} - \frac{520}{2} \right) \operatorname{ctg} \frac{35^\circ}{2} = 2260 \text{ мм,} \quad (3.12)$$

де α – кут між утворюючими конуса, приймаємо в межах $30 \dots 40^\circ$
 $(\alpha = 35^\circ)$.

Циклон типу ЛЮТ використовують для ефективного очищення повітря від сухого, неволокнистого та неслипучого пилю під час грубого та середнього фільтрування. Згідно з розрахунками, найкраще підходить циклон ЛЮТ №2 з пропускною здатністю від 11 300 до 13 800 м³/год, що відповідає стандарту ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони" [14].

Цей циклон встановлюють ззовні будівлі. Під ним розташована спеціальна платформа для збору та видалення пилю, оснащена огорожею для забезпечення безпеки під час обслуговування. У платформі є дренажні отвори для відведення рідин. Для захисту вихлопної труби від впливу погодних умов передбачено спеціальний захисний ковпак [14].

ВИСНОВКИ

Під час дослідження конструктивних і функціональних особливостей барабанного змішувача – огрудковувача агломераційного цеху було встановлено, що одним із основних недоліків його поточної конструкції є виникнення небезпечних вібраційних навантажень. Основними причинами цього явища є незначні похибки, що виникають на етапах виготовлення, монтажу та налаштування приводу, барабана, бандажів і роликів, а також зростання моментів інерції невіднованих мас щодо осі обертання барабана в процесі його експлуатації. Такі несприятливі фактори спричиняють негативний вплив на стабільність роботи агрегату та знижують його довговічність.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра полягає в розробленні та впровадженні модернізованої конструкції барабанного змішувача – огрудковувача, яка передбачає підвищення технологічних характеристик агрегату, зменшення динамічних навантажень на його елементи і зниження переданих навантажень на конструктивні елементи виробничої будівлі. Такий підхід спрямований на вдосконалення експлуатаційної надійності обладнання.

Для зменшення рівня вібрацій пропонується реалізувати наступні інженерно-технічні заходи:

1. заміна металевих опорних роликів на ті, що покриті гумою, що дозволить досягти більш плавного сприйняття динамічних впливів;
2. використовувати фрикційну передачу для трансмісії обертального моменту від приводу до барабана замість існуючої зубчастої передачі.

Передбачено також конструктивну модифікацію, за якої опорні ролики виконуватимуть функцію приводних елементів. Оцінюваний технічний результат від впровадження зазначених змін полягає у значному підвищенні

надійності та стабільності конструкції барабанного змішувача – огрудковувача. Це, у свою чергу, створює передумови для довготривалої та ефективної експлуатації обладнання в умовах складного промислового середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Машини і агрегати металургійних заводів. В 3-х томах. Т. 1. Машини і агрегати доменних цехів. Підручник для ВНЗів / Целіков А.І., Полухін П.І., Гребених В.М. та інші. 2-е вид., перераб. і доп. - Металургія, 1987. - 440 стор.
2. Левін М.З., Седуш В.Я. Механічне обладнання доменних цехів. Київ-Донецьк: Вища школа, 1978. - 176с.
3. Бутивченко В.Н., Антошечкін М.П., Старіков М.А. Робота барабаних окомкователів шихти на гуммваних катках // Сталь. -1972. -№7. -С. 593-595.
4. Коротич В. І. та інші. Металург, 1968, №1, с. 3-5.
5. А.с. 1666169, В 01Р 7/04. Ротор / Ю.Г. Петров - №4638499/26; заявл.13.01.89; Опубл.30.07.91, Бюл. №28. – 2 стор.
6. Пат. 53966 Україна, МКИ В 23 Б 15/04. Огрудкувач шихти / Дорогий Є.В., Попов Г.М., Дорфєєв В.М. (Україна). - и201004245; Заявл. 12.04.10; Опубл. 25.10.10, Бюл. №20. - 3 с.
7. Розрахунок металургійних машин і механізмів / В.М. Гребеник, Ф.К. Іванченко, В.І. Ширяєв. - К.: Вища шк. Головне вид-во, 1988. - 448с.
8. Розрахунки вантажопідйомних і транспортуючих машин. Іванченко Ф.К. та інші.: Вища школа, 1975. – 520 с.
9. Розрахунок і проектування деталей машин, ч. 1., 2 Кіркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Х.: Вища шк., 1987. – 136 с., 144 с.
10. Бейзельман Р.Д., Ципкін Б.В., Перель Л. Я. Підшипники кочення. Вид. 6-е, перераб. і доп., «Машинобудування», 1975. - 572 с.
11. Гробов В.А. Теорія коливання механічних систем. - Київ.: Вища школа, 1982. - 183 с.
12. В.І. Анурьев. Довідник конструктора машинобудівника. Машинобудування. 1978 р.
13. Ловчиновський З.В. Механічне обладнання фабрик для окускування залізорудної сировини. - Металургія, 1977 р. - 250 с.
14. Шеремет В.О., Каракаш О.І., Марунчак В.Ф. та ін. Довідковий посібник керівника та спеціаліста гірничо-металургійного підприємства з охорони праці: Навчальний посібник. -Дніпропетровськ: 1111 "Ліра ЛТД", 2005.-850 с.

ЗГОДА здобувача(чки) вищої освіти
Державного університету економіки і технологій
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, Терещенко Вячеслав Юрійович, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота «Модернізація барабанного змішувача-огрудковувача агломераційного цеху №1 агломераційного департаменту ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»» виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

07.06.2025




_____ (ініціали, прізвище, власноруч)